

LAPORAN
SKEMA PENELITIAN DASAR

PEMODELAN SISTEM PENCATATAN DATA AKADEMIK
SEKOLAH BERBASIS TEKNOLOGI BLOCKCHAIN



TIM PENELITI:

Irawan Afrianto, S.T., M.T. / 41277006009
Sufatin S.T., M.Kom. / 41277006026
Taufiq Rizky Darmawan Suseno / 10118080

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA
Juni 2023

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
SKEMA PENELITIAN DASAR**

Judul Penelitian : Pemodelan Sistem Pencatatan Data Akademik Sekolah Berbasis Teknologi Blockchain

Program Studi/Fakultas : Teknik Informatika / FTIK

Nama Ketua : Irawan Afrianto, S.T., M.T.

NIP Ketua : 41277006009

NIDN Ketua : 0405047901

Nomor HP Ketua : 08170223513

Alamat Surel Ketua : Irawan.afrianto@email.unikom.ac.id

Mata Kuliah Terkait Penelitian : Keamanan Sistem Informasi

Jangka Waktu Penelitian : 1 Tahun

Luaran : Jurnal Terakreditasi SINTA

Bandung, 30 Juni 2023

Menyetujui,
Kaprodi,




M. Iman Maulana, M.Kom, Ph.D
NIP. 41277006134

Ketua Peneliti



Irawan Afrianto, S.T., M.T.
NIP. 41277006009

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer



Assoc. Prof. Dr. Ir. Herman S. Soegoto, MBA
NIP. 4127.70.002

RINGKASAN

Sekolah merupakan lembaga formal pendidikan dimana didalamnya mencakup interaksi antara guru, siswa, tenaga administrasi serta sistem dan prosedur yang terdapat dalam lingkungannya. Mekanisme monitoring dan evaluasi pembelajaran diwujudkan dalam bentuk pencatatan hasil belajar siswa berupa nilai maupun kompetensi yang dimilikinya. Saat ini mekanisme pencatatan nilai hingga pembuatan rapor siswa masih dilakukan dengan secara konvensional sehingga biasanya berjalan lambat karena kurangnya integrasi data pada lingkungan sekolah tersebut. Di samping itu, keamanan data nilai perlu ditingkatkan guna menjamin keaslian dari data-data hasil pendidikan tersebut.

Teknologi blockchain menawarkan suatu solusi sistem dan teknologi dimana data dimungkinkan untuk dapat terintegrasi dengan baik. Hal ini disebabkan blockchain memiliki kemampuan mengelola data secara lebih transparan, terpercaya dan dapat ditelusuri.. Blockchain adalah ledger besar yang terdesentralisasi dan terdistribusi yang menyimpan catatan transaksi digital sedemikian rupa sehingga membuatnya dapat diakses dan terlihat oleh banyak anggota dalam jaringan dan terjaga keamanannya. Karena blockchain adalah basis data terdesentralisasi, tidak ada yang mengatur atau memilikinya, dan setelah data diunggah ke blockchain, data tersebut tidak dapat diubah sehingga data tidak dapat dirusak atau dipalsukan. Sistem informasi yang dikombinasikan dengan teknologi blockchain, maka sistem akan memiliki kemampuan untuk membangun kepercayaan (trust) antara semua pelaku dalam kegiatan akademik sekolah dengan sifatnya yang transparan, mampu untuk mengurangi biaya dan kompleksitas pengembangan sistem, memiliki kemampuan penyimpanan data yang dapat diandalkan, terpercaya dan tidak dapat dimanipulasi oleh siapapun di dalam atau di luar sistem, juga memiliki kemampuan meng-otomatisasi proses inti dalam sistem dengan mekanisme smart contract yang dimilikinya, serta memiliki kemampuan meningkatkan kecepatan ketertelusuran data yang bersifat real time.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan pendekatan Design Science Research, dimana bagian yang akan digunakan ada tahap 1,2,dan tahap 3. Tahapan tersebut nantinya akan dikolaborasi dengan model pengembangan sistem As-Is dan To-Be guna mendapatkan requirements engineering sistem, serta pendekatan Software Development Life Cycle (SDLC), guna mendesain arsitektur sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain.

Pada penelitian ini teknologi blockchain diharapkan dapat menjadi suatu mekanisme pencatatan data-data hasil pembelajaran (akademik) yang dilakukan pada lingkungan sekolah dengan lebih aman, sulit untuk dimodifikasi, dapat ditelusuri oleh semua pihak sehingga mampu menjamin keaslian data-data akademik tersebut dan dapat diakui oleh semua pihak didalamnya maupun yang membutuhkan data-data tersebut.

Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah 1) melakukan analisis *as is* dan *to be* sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain, yang merujuk pada TKT Level 1. 2) Mendesain model sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain, yang merujuk pada TKT Level 2. Sementara itu, luaran yang ditargetkan pada penelitian ini adalah artikel ilmiah pada jurnal terkreditasi nasional.

Kata Kunci : Pemodelan, Data Akademik, Sekolah, Design Science Research, Blockchain, IPFS

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Syukur kehadiran Allah S.W.T, akhirnya penulis mampu menyelesaikan laporan penelitian internal Unikom tahun 2022/2023. Adapun laporan akhir penelitian merupakan wujud pertanggungjawaban penulis serta merupakan sumbangsih pemikiran dari keilmuan yang dimiliki oleh penulis.

Penulis sadar sepenuhnya, bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu perlu adanya saran dan kritik guna pengembangan penelitian ini kedepannya.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Wakil Rektor III Unikom Bidang Riset, Inovasi dan Akreditasi, Direktur P3M Unikom, Ketua Program Studi Teknik Informatika Unikom, rekan peneliti yang telah mengerahkan waktu dan usahanya guna menghasilkan penelitian ini serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Semoga penelitian ini dapat memberikan wawasan, gambaran serta pemikiran bagi khalayak luas dalam kerangka keilmuan, maupun peningkatan penelitian dimasa mendatang.

Bandung , Juni 2023

Hormat kami,

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	1
KATA PENGANTAR.....	2
DAFTAR ISI.....	3
DAFTAR GAMBAR.....	4
DAFTAR TABEL.....	5
BAB 1. PENDAHULUAN.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Teknologi Blockchain.....	7
2.2 Smart Contract.....	8
2.3 Design Science Research (DSR).....	9
2.4.Dokumen Akademik Sekolah.....	10
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	11
BAB 4. METODE PENELITIAN.....	11
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
5.1 Data Penelitian.....	14
5.1.1 Analisis Prosedur yang Sedang Berjalan.....	14
5.1.2 Analisis Sistem Yang Dibangun.....	16
5.1.3 Analisis Basis Data.....	17
5.1.4 Analisis Implementasi Blockchain dan IPFS.....	18
5.1.5 Analisis kebutuhan Non Fungsional.....	21
5.1.6 Analisis kebutuhan Fungsional.....	22
5.2 Hasil Penelitian.....	26
5.2.1 Implementasi Sistem.....	27
5.2.2.Pengujian Sistem.....	29
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Representasi Blockchain.....	8
Gambar 2. Smart Contract.....	9
Gambar 3. Metodologi Design Science Research	9
Gambar 4. Pengembangan Penelitian dengan Pendekatan DSR.....	12
Gambar 5. Alur Penelitian.....	13
Gambar 6. Alur Penerbitan Ijazah.....	15
Gambar 7. Gambaran Umum Sistem yang Dibangun.....	16
Gambar 8. Arsitektur Teknologi Yang Digunakan.....	17
Gambar 9. Model Basis Data.....	18
Gambar 10. Model Smart Contract.....	18
Gambar 11. Mekanisme IPFS.....	20
Gambar 12. Sub Sistem Implementasi Blockchain and IPFS.....	21
Gambar 13. Diagram Use Case Sistem.....	23
Gambar 14. Diagram Activity Proses Pencarian Dokumen Akademik.....	25
Gambar 15. Diagram Sequence Proses Pencarian Dokumen Akademik.....	26
Gambar 16. Diagram Class Sistem.....	26
Gambar 17. Implementasi Basis Data Sistem.....	28
Gambar 18. Transaksi Data Siswa1 dalam jaringan Blockchain.....	32
Gambar 19. Transaksi Data Siswa2 dalam jaringan Blockchain.....	32
Gambar 20. Transaksi Data Ijazah Dalam jaringan Blockchain.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Format Penyimpanan Data Pada Smart Contract.....	19
Tabel 2. Kebutuhan Perangkat Keras.....	21
Tabel 3. Kebutuhan Perangkat Lunak.....	21
Tabel 4. Analisis Kebutuhan Pengguna.....	22
Tabel 5. Identifikasi Use Case.....	23
Tabel 6. Spesifikasi Perangkat Keras Pembangun....	27
Tabel 7. Spesifikasi Perangkat Lunak Pembangun....	27
Tabel 8. Implementasi Class Sistem.....	27
Tabel 9. Implementasi Antarmuka Sistem.	28
Tabel 10. Rencana Pengujian Sistem.....	30
Tabel 11. Rencana Pengujian Smart Contract	30
Tabel 12. Hasil Pengujian Fungsional Sistem	30
Tabel 13. Hasil Pengujian Fungsionalitas Smart Contract	31
Tabel 14. Hasil Rincian Smart Contract Upload Data Siswa	33
Tabel 14. Hasil Rincian Smart Contract Upload Dokumen Akademik Siswa	33

BAB 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia Pendidikan, salah satu penerapan dari pemanfaatan teknologi di era 4.0 adalah dengan adanya sistem informasi akademik yang dirancang untuk keperluan pengelolaan data akademik dengan penerapan teknologi komputer baik menggunakan *hardware* maupun *software*, sehingga semua proses kegiatan akademik mampu dikelola sebagai informasi yang bermanfaat dalam manajemen dan pengambilan keputusan. Sistem akademik tersebut memiliki tujuan untuk mendukung penyelenggaraan pendidikan, sehingga lembaga pendidikan dapat menyediakan layanan informasi yang efektif dan efisien [1]. Salah satu bagian dari revolusi industri 4.0 adalah munculnya teknologi blockchain yang memiliki kemampuan mendisrupsi lingkungan Pendidikan. Lingkungan pembelajaran yang dapat diintervensi oleh teknologi blockchain mencakup pengelolaan sertifikat, kemampuan dan mengolah hasil pembelajaran, evaluasi hasil kemampuan belajar siswa, menjaga objek pembelajaran, menjaga suasana lingkungan belajar yang kondusif, layanan jasa pembayaran pendidikan, mempermudah persetujuan berbasis digital, mengelola hak paten, menumbuhkan minat siswa dalam pembelajaran daring, serta meninjau pengawasan serta membantu pembelajaran selama hidup [2]. Dikarenakan memiliki potensi yang besar dalam mengubah paradigma pendidikan, teknologi blockchain perlu dikembangkan mulai dari kerangka kerja hingga menjadi suatu bentuk layanan yang secara langsung dapat digunakan pada lingkungan pendidikan [3].

Blockchain adalah sebuah sistem buku besar (*master ledger*) dimana terdapat catatan setiap transaksi yang pernah ada dalam bentuk jaringan basis data terdesentralisasi [4][5]. Lingkungan dengan banyak layanan seperti dalam enterprise system sangat memungkinkan menerapkan teknologi blockchain. Blockchain dapat difungsikan sebagai *private* atau *public blockchain* [6]. Selain itu teknologi blockchain juga memiliki kemampuan menerima data, memvalidasi, dan memberikan kepercayaan serta menyediakan data bagi yang membutuhkannya [7][8]. Blockchain diyakini memiliki potensial yang besar dalam memfasilitasi suatu proses bisnis saat dikombinasikan dengan teknologi *smart contract* [9]. *Smart contracts* dapat dikatakan sebagai protokol transaksi secara terkomputerisasi yang mengeksekusi serangkaian klausul kontrak [10][11]. Meskipun *smart contract* telah diperkenalkan pada tahun sembilan puluhan, blockchain adalah teknologi pertama yang secara resmi dapat mendukung implementasinya [12].

Dalam literatur, *smart contract* dan teknologi blockchain adalah istilah yang tidak dapat dipisahkan yang bersama-sama membentuk teknologi blockchain generasi kedua [13][14].

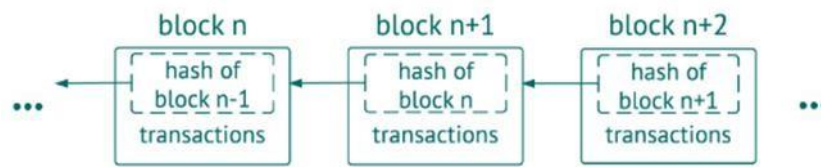
Permasalahan yang akan diteliti merupakan bagian akhir dari kegiatan pembelajaran yang terdapat di lingkungan sekolah yaitu bagaimana mencatat dan mengamankan data hasil pembelajaran / pengarsipan data yang berupa nilai serta sertifikat ataupun dokumen lainnya sehingga data nilai dan dokumen tersebut menjadi dokumen yang aman, sulit untuk dipalsukan, mudah ditelusuri sehingga otentikasinya menjadi lebih terjaga. Bidang kearsipan melihat bahwa masalah utama kearsipan yang dapat diselesaikan dengan teknologi blockchain adalah konsep kepercayaan (*trust*) yang dibutuhkan oleh arsip agar arsip tersebut menjadi autentik. Arsip membutuhkan *instrument of trust* agar arsip tersebut dikatakan reliabel dan dapat dipercaya oleh lebih dari satu pihak [15].

Secara khusus, tujuan utama dari penelitian ini mencakup 2 hal yaitu melakukan analisis *as is* dan *to be* sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain, yang merujuk pada TKT level 1, serta model sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain, yang merujuk pada TKT level 2. Urgensi dari penelitian ini adalah perlunya suatu model sistem yang mampu menjaga keutuhan data, transparan, aman dan terotomatisasi menggunakan teknologi blockchain. Teknologi blockchain dalam sistem pencatatan data akademik menghasilkan suatu model sistem untuk melindungi dokumen-dokumen hasil pembelajarannya sehingga sulit untuk dimanipulasi, terjaga keasliannya serta dapat disebar ke semua *stakeholders* yang membutuhkan, dimana data bersifat seragam, terdistribusi dan mekanisme ketertelusurannya dapat dengan cepat dilakukan, sehingga menciptakan transparansi yang berujung pada kepercayaan antar pelaku di dalam sistem pencatatan data akademik sekolah.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknologi Blockchain

Menurut Xinyi, blockchain adalah struktur data yang tidak dapat dihapus, dibentuk oleh serangkaian blok data yang terhubung secara linier dalam urutan waktu [16]. Informasi yang disimpan di setiap blok dan dienkripsi dengan algoritma kriptografi asimetris untuk memastikan keamanan akses data dan transmisi [17].



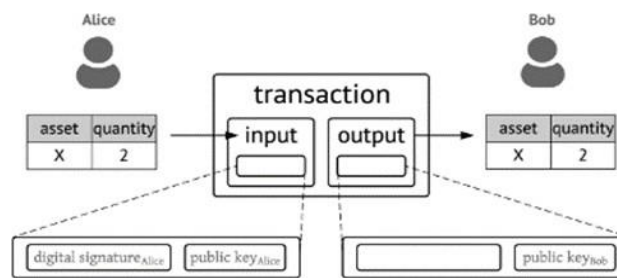
Gambar 1. Representasi blockchain

Karakteristik teknologi blockchain yang dapat diunggulkan adalah desentralisasi (*decentralization*) : blockchain terdiri dari blok peer-to-peer, yang memiliki kemampuan untuk mencatat dan menyimpan semua transaksi [18][19], kepercayaan terdistribusi (*detrusting*) : karena teknologi blockchain diimplementasikan dalam sistem desentralisasi, transfer data antar node dalam jaringan tidak memerlukan rasa saling percaya di antara para peserta [20], transparansi (*transparency*) : melalui blockchain, semua peserta berbagi catatan dan permintaan data dalam node dalam struktur terdesentralisasi [21], dapat dilacak dan tidak bisa dihapus (*traceable and unforgeable*) : blockchain menggunakan cap waktu untuk mengidentifikasi dan mencatat setiap transaksi, sehingga meningkatkan dimensi waktu data [22], anonimitas (*anonymity*) : blockchain mengenkripsi data menggunakan teknik enkripsi asimetris. Enkripsi asimetris ini memiliki dua kegunaan dalam blockchain: enkripsi data dan tanda tangan digital. Enkripsi data dalam blockchain memastikan keamanan data transaksi dan mengurangi risiko kehilangan atau pemalsuan data transaksi [23]. Kredibilitas (*credibility*): pertukaran data blockchain sepenuhnya bergantung pada setiap node untuk membentuk perhitungan yang kuat untuk bertahan melawan serangan eksternal tanpa campur tangan manusia [24][25].

2.2 Smart Contract

Basis Perkembangan berikutnya dari blockchain yang disebut Blockchain 2.0. dimana pemanfaatan teknologi blockchain lebih luas dengan memanfaatkan revolusi mekanisme baru yang disebut dengan smart contract. Smart contract merupakan suatu kontrak yang dibangun dengan tujuan khusus guna mengeksekusi serangkaian instruksi lengkap pada blockchain [26]. Smart contract merupakan program komputer yang berisi persetujuan kontrak antar entitas, yang dibangkitkan oleh pengguna dan diekstrak oleh lingkungannya (blockchain). Tujuan dari smart contract adalah untuk efisiensi, keamanan dan independensi dalam perjanjian, mengurangi biaya implementasi kontrak dan meningkatkan kepercayaan antar entitas [27]. Kontrak sebagai mekanisme yang

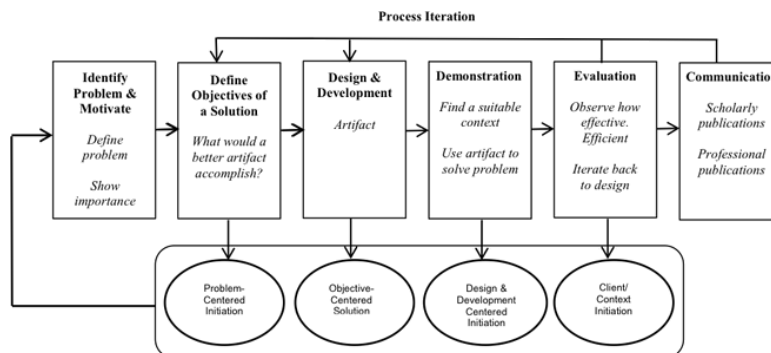
melibatkan aset digital dan dua atau lebih pihak, di mana beberapa atau semua pihak memasukkan aset dan aset secara otomatis didistribusikan kembali di antara para pengguna sesuai dengan formula dan pada data tertentu yang tidak diketahui pada saat kontrak dimulai [28]. Berdasarkan mekanismenya, smart contracts memiliki 5 tahap pengembangan yaitu: 1) negotiation; 2) development; 3) deployment; 4) maintenance; dan 5) learning and self-destruction [29]. Smart contract memiliki kemampuan mengurangi campur tangan manusia dalam melakukan alur proses bisnis dalam lingkungan sistem, serta memiliki kemampuan audit secara otomatis sehingga kontak dan pekerjaan yang seharusnya dikerjakan oleh pengguna dapat diselesaikan secara lebih cepat dan efisien [30].



Gambar 2. Konsep Smart Contract

2.3 Design Science Research (DSR)

DSR merupakan metodologi yang berorientasi perancangan sistem informasi. DSR juga merupakan kerangka kerja untuk mempermudah penelitian di bidang sistem dan teknologi informasi yang digunakan sebagai proses pemahaman, mengulas guna mengenali dan mengevaluasi hasil penelitian. DSR terdiri dari enam tahapan yang harus dilakukan, yaitu *problem identification and motivation* (identifikasi masalah dan motivasi), *objective of the solution* (mendefinisikan objek dari solusi permasalahan), *design and development* (perencanaan dan pengembangan), *demonstration* (demonstrasi), *evaluation* (evaluasi), dan *communication* (komunikasi) [31].



Gambar 3. Metodologi Design Science Research

Metode DSR menggabungkan prinsip, praktik, dan prosedur yang diperlukan, untuk melakukan penelitian tersebut harus memenuhi tiga tujuan yaitu: konsisten dengan literatur sebelumnya, menyediakan model proses nominal untuk melakukan penelitian dan menyediakan model mental untuk menyajikan serta mengevaluasi penelitian [32]. Dengan kata lain, Metode DSR bertujuan untuk meningkatkan produksi, presentasi, dan evaluasi penelitian ilmu desain serta konsisten dengan prinsip dan pedoman penelitian ilmu desain yang telah ditetapkan dalam studi penelitian sebelumnya. DSR dapat digunakan sebagai metode dalam penyelesaian masalah yang berupaya menciptakan inovasi berdasarkan ide, praktik, kemampuan teknis, design analisis, implementasi, manajemen dan penggunaan sistem informasi secara efektif dan efisien [33][34].

2.4 Dokumen Akademik Sekolah

Kegiatan akademik di sekolah mencakup kegiatan administrasi serta kegiatan belajar mengajar yang dilakukan di lingkungan sekolah. Khusus sebagai peserta didik, terdapat beberapa dokumen akademik yang menjadi standar hasil pembelajaran yang dapat digunakan siswa dalam menunjukkan performa kegiatan akademik [35].

Rapor

Fungsi pokok evaluasi hasil belajar siswa secara umum adalah untuk mengukur tingkat kemajuan siswa dalam belajar, untuk menyusun rencana belajar selanjutnya dan untuk memperbaiki proses pembelajaran. Laporan evaluasi hasil belajar siswa dituliskan pada sebuah dokumen yaitu rapor. Nilai rapor ditulis berdasarkan hasil belajar siswa dalam satu semester dan ditulis pada akhir semester [36]. Nilai rapor merupakan hasil kumpulan nilai mata pelajaran dimiliki setiap siswa yang berisi laporan nilai selama satu semester. Rapor diterimakan sebagai tolak ukur dan untuk mengetahui perkembangan terhadap prestasi siswa setelah mengikuti proses pembelajaran [37]. Melalui rapor wali kelas dapat mengetahui kekuatan dan kelemahan siswa dalam kelas yang diampunya wali kelas dapat menentukan strategi dalam pengelolaan kelas yang menjadi tanggung jawabnya misalnya dengan menata strategis belajar untuk membantu siswa meningkatkan kompetensi siswa atau membantu mengatasi kesulitan belajar siswa yang lemah [38].

Transkrip Nilai

Transkrip memiliki arti salin. Yang artinya transkrip merupakan suatu salinan dokumen tertentu [39]. Transkrip nilai adalah kumpulan nilai dari semua mata pelajaran

mulai semester 1 hingga semester terakhir dari SMA/SMK/Sederajat atau Perguruan Tinggi [40]. Transkrip nilai berbeda dengan rapor. Rapor biasanya terdiri dari beberapa lembar kertas, sedangkan Transkrip nilai biasanya hanya berbentuk satu lembar saja. Transkrip nilai juga berbeda dengan ijazah pada jenjang sekolah menengah, karena transkrip berisi nilai keseluruhan dari semester awal hingga akhir, sedangkan ijazah hanya berupa nilai akhir rekapitulasi nilai rapor dan nilai ujian nasional. transkrip nilai biasanya sering digunakan sebagai salah satu syarat pendaftaran beasiswa hingga syarat untuk pelamaran pekerjaan [41].

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

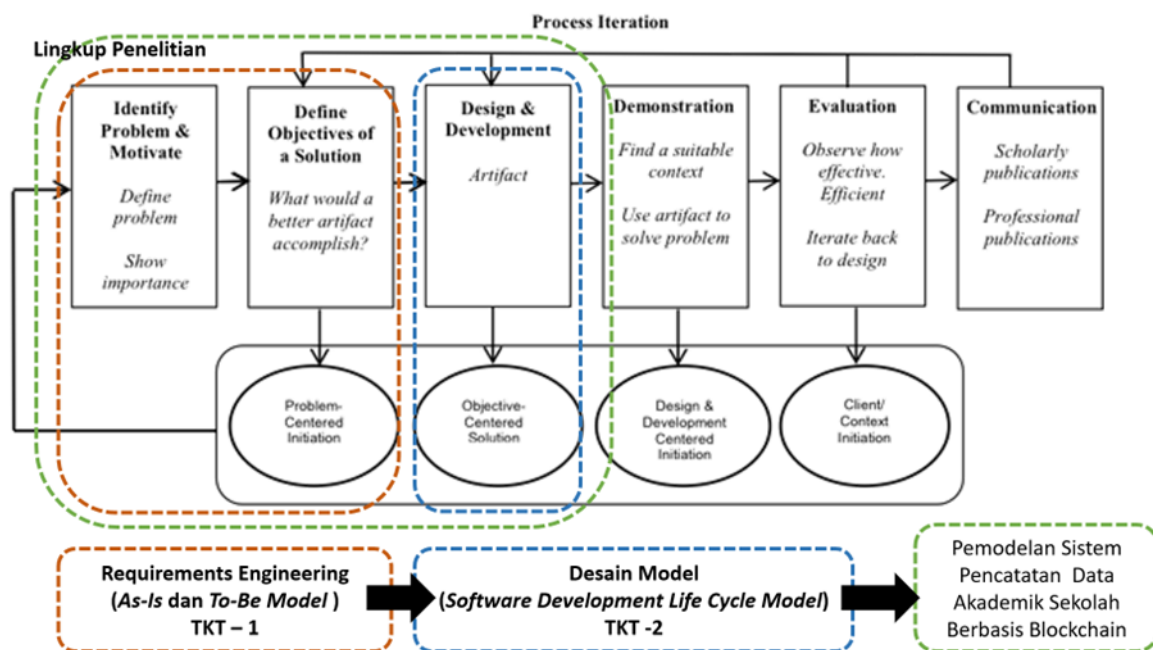
Secara khusus, tujuan utama dari penelitian ini mencakup 2 hal yaitu melakukan analisis as is dan to be sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain, serta model sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain. Urgensi dari penelitian ini adalah perlunya suatu model sistem yang mampu menjaga keutuhan data, transparan, aman dan terotomatisasi menggunakan teknologi blockchain. Teknologi blockchain dalam sistem pencatatan data akademik menghasilkan suatu model sistem untuk melindungi dokumen-dokumen hasil pembelajarannya sehingga sulit untuk dimanipulasi, terjaga keasliannya serta dapat disebar ke semua stakeholders yang membutuhkan, dimana data bersifat seragam, terdistribusi dan mekanisme ketertelusurannya dapat dengan cepat dilakukan, sehingga menciptakan transparansi yang berujung pada kepercayaan antar pelaku di dalam sistem pencatatan data akademik sekolah.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah tersedianya dokumen pengembangan perangkat lunak sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain dan purwarupa sistem yang dapat digunakan oleh pihak sekolah maupun masyarakat guna mengelola serta mengakses data serta dokumen akademik di lingkungan sekolah secara lebih aman, transparan dan terpercaya dikarenakan sistem yang dibangun dikembangkan pada lingkungan blockchain.

BAB 4. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan pendekatan DSR . Kegiatan pada penelitian ini dilakukan dengan tahap penelitian mencakup kegiatan analisis requirements

engineering (*As-Is* dan *To-Be*) pada sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain. Kegiatan selanjutnya adalah dengan mengembangkan desain model arsitektur berbasis teknologi blockchain pada sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain. Hasil dari penelitian ini akan berupa suatu model sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain yang dimulai dari tahapan analisis kebutuhannya hingga model arsitekturnya.



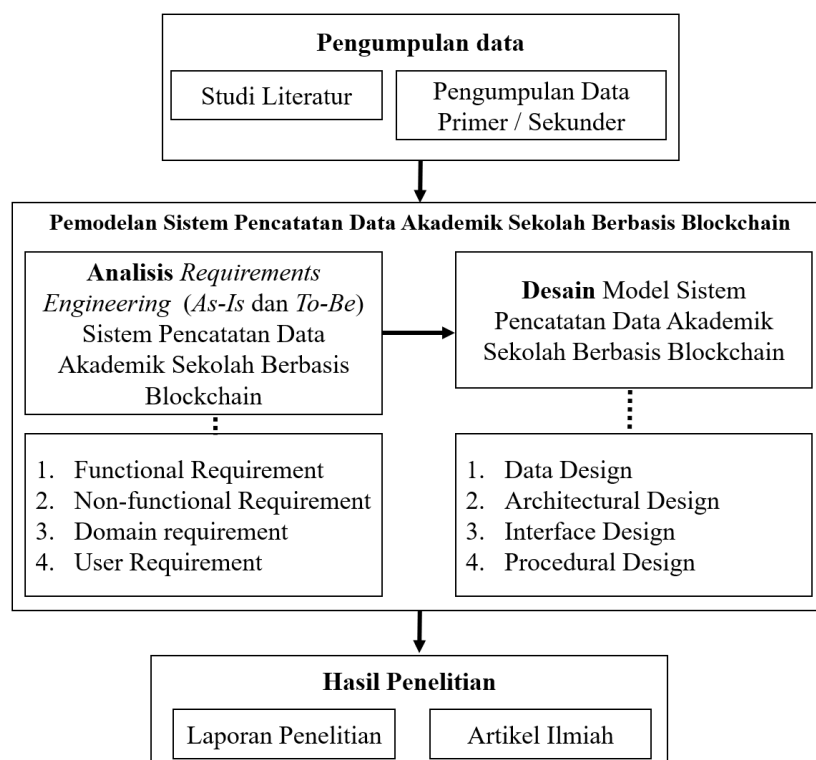
Gambar 4. Pengembangan Penelitian dengan Pendekatan DSR

Alur penelitian yang dilakukan mencakup 3 tahap kegiatan penelitian (Gambar 5) yang mencakup :

1. Pengumpulan data, kegiatan yang dilakukan pada awal penelitian dengan melakukan aktifitas pengumpulan literatur-literatur yang mendukung penelitian serta mengumpulkan data dari sumber-sumber primer dan sekunder yang berguna menunjang penelitian. Indikator capaian pada tahapan ini adalah diperolehnya data-data penelitian yang komprehensif serta mencukupi sebagai data-data penelitian yang akan digunakan dalam pengembangan model yang diusulkan.
2. Pengembangan model sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain. Tahapan penelitian pada bagian ini dimulai dengan tahapan analisis *requirements engineering (As-Is dan To-Be)* sistem pencatatan data akademik

sekolah berbasis blockchain yang mencakup identifikasi proses bisnis yang terdapat saat ini serta melakukan identifikasi kebutuhan sistem yang diwujudkan mencakup analisis *functional requirement*, analisis *non-functional requirement*, analisis *domain requirement*, analisis *user requirement* dan analisis *system requirement*. Tahap selanjutnya adalah mendesain model sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain yang mencakup kegiatan desain data, desain arsitektur, desain antar muka dan desain prosedural. Indikator capaian pada tahapan penelitian ini adalah dihasilkannya analisis dan desain perangkat lunak yang dapat menjadi model sistem pencatatan data akademik sekolah berbasis blockchain.

3. Pelaporan Hasil Penelitian, tahapan akhir dari penelitian ini adalah menghasilkan laporan penelitian sebagai bentuk tanggung jawab penelitian, serta menghasilkan artikel-artikel ilmiah yang akan dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi sebagai bagian dari diseminasi hasil penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 5. Alur Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Universitas Komputer Indonesia selama 8 bulan dengan peneliti sebanyak 2 orang yang berasal dari program studi Teknik

Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia, serta dibantu oleh satu orang mahasiswa program studi Teknik Informatika sebagai anggota peneliti.

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Banyaknya kasus penggunaan ijazah palsu di Indonesia untuk mencari pekerjaan merupakan bukti bahwa perusahaan masih kesulitan untuk memverifikasi ijazah. Oleh karena itu demi membantu siswa maupun perusahaan maka diperlukan sebuah sistem pencatatan data akademik yang mampu menerbitkan dokumen akademis siswa agar dokumen dapat di verifikasi dan dapat di percaya. Sistem pencatatan data akademik tersebut akan menggunakan teknologi blockchain dan IPFS untuk menerbitkan dokumen akademis siswa. Blockchain memiliki sifat transparan, terdesentralisasi, dan kekal. Dengan sifat blockchain yang seperti itu maka sangat cocok memenuhi kebutuhan karena dokumen ijazah dan dokumen akademis lainnya akan tersimpan dengan aman dan tidak dapat di ubah oleh karena itu dokumen yang tersimpan akan sangat sulit untuk di palsukan.

Berdasarkan uraian yang dikemukakan, maka terdapat masalah bagaimana menggunakan teknologi Blockchain untuk menjaga integritas dokumen akademis seperti ijazah dan transkrip nilai yang kemudian data tersebut dapat dengan mudah di verifikasi oleh orang ataupun instansi yang berkepentingan untuk menghindari penggunaan ijazah palsu.

5.1 Data Penelitian

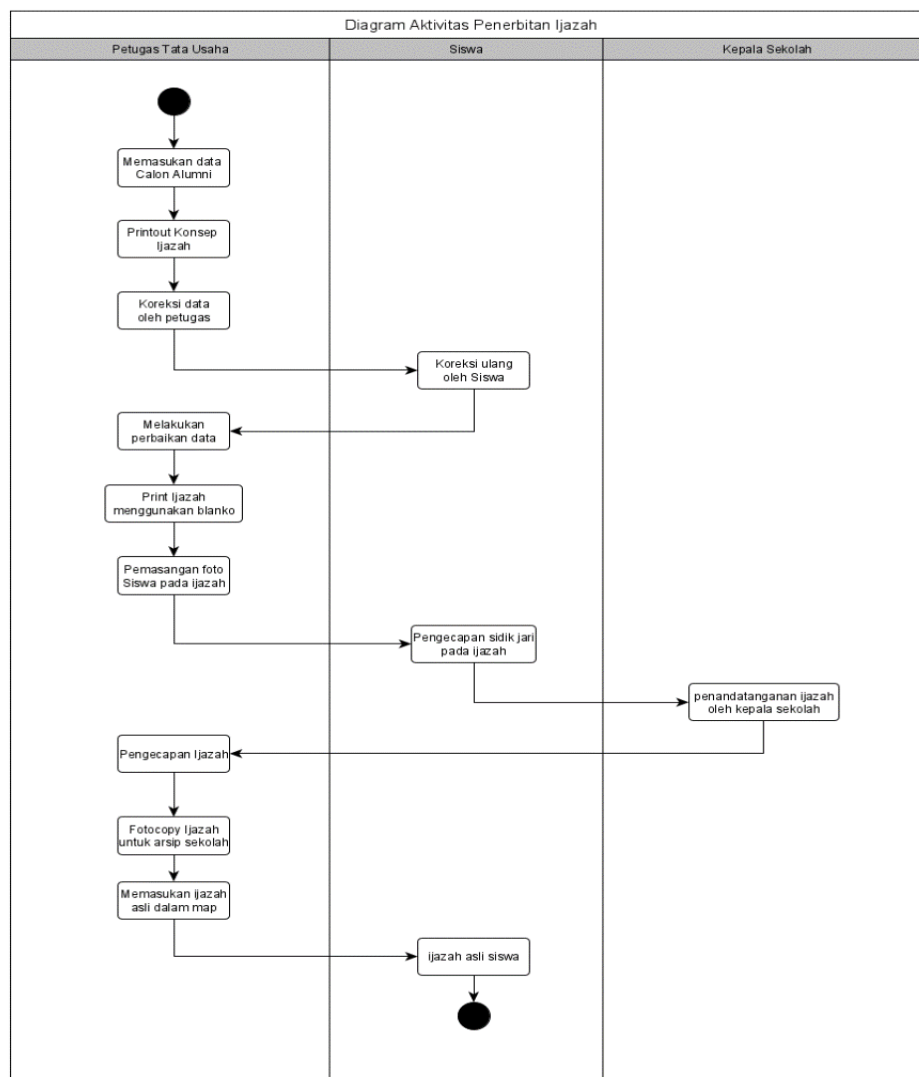
Data-data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup dokumen dan data hasil pembejarian berupa Ijazah dan transkrip akademik di sekolah.

5.1.1 Analisis Prosedur yang Sedang Berjalan

Prosedur penerbitan ijazah memiliki alur seperti berikut atau untuk lebih jelasnya dapat melihat pada Gambar 6.

- 1) Petugas Tata Usaha memasukan data calon alumni
- 2) Petugas melakukan pencetakan konsep ijazah
- 3) Petugas melakukan pengecekan kembali data
- 4) Siswa melakukan konfirmasi data pada Printout konsep ijazah
- 5) Petugas melakukan perbaikan jika ditemukan kesalahan

- 6) Petugas melakukan print ijazah menggunakan blanko
- 7) Petugas memasang foto alumni ke ijazah yang sudah di print
- 8) Petugas memanggil calon alumni untuk melakukan pengecapan sidik jari
- 9) Petugas memberikan ijazah ke kepala sekolah
- 10) Kepala sekolah menandatangani ijazah lalu menyerahkan kembali ke petugas TU
- 11) Petugas melakukan pengecapan ijazah
- 12) Petugas melakukan fotocopy ijazah sebagai arsip untuk sekolah
- 13) Petugas menyiapkan ijazah beserta rapor selama sekolah untuk diberikan kepada calon alumni



Gambar 6. Alur Penerbitan Ijazah

Berdasarkan prosedur penerbitan ijazah pada gambar 6 pihak sekolah atau penerbit langsung memberikan dokumen ijazah asli beserta rapor langsung kepada siswa atau alumni yang bersangkutan dan hanya menyimpan arsip fotocopy dari dokumen asli. Hal ini menyebabkan :

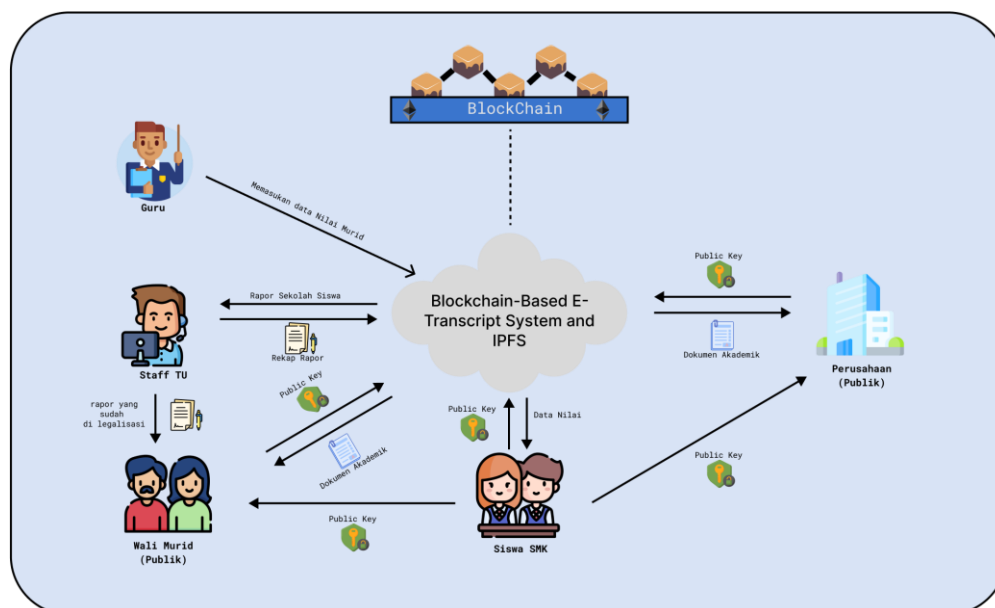
- 1) Publik kesulitan untuk memvalidasi keaslian ijazah langsung ke sekolah atau penerbit.
- 2) Semakin lama, arsip yang disimpan akan semakin banyak sehingga sangat memungkinkan data tersebut hilang.

Proses penilaian dan pencetakan rapor pada sekolah masih menggunakan aplikasi penilaian berbasis excel. Aplikasi ini memiliki kelemahan sebagai berikut:

- 1) Input data nilai tidak langsung oleh guru yang bersangkutan , hal ini memungkinkan terjadi kesalahan data saat input nilai
- 2) Aplikasi berbasis excel yang hanya dapat di buka melalui komputer

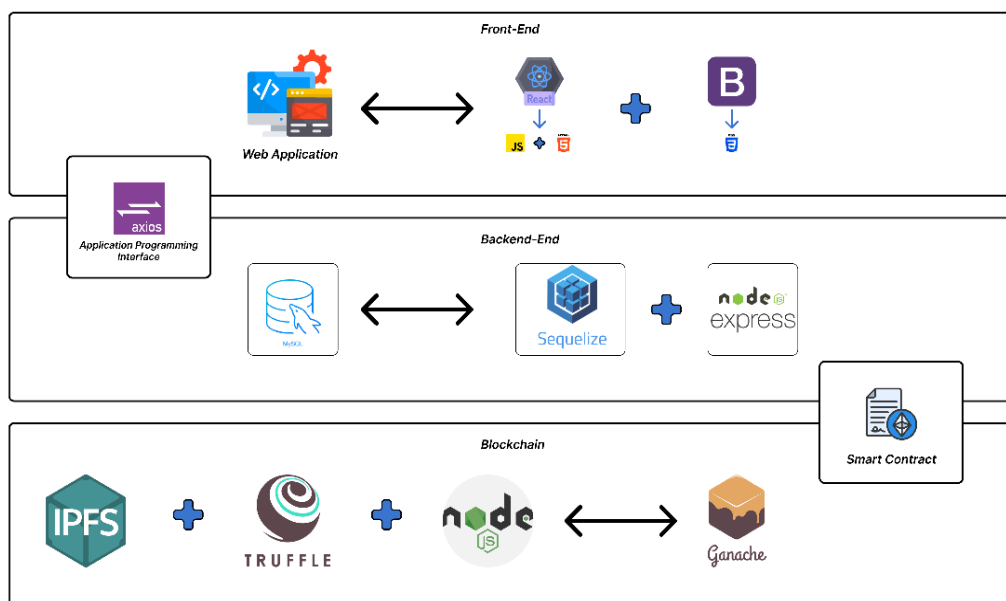
5.1.2 Analisis Sistem Yang Dibangun

Sistem yang akan dibangun adalah sebuah sistem pencatatan dan penerbitan dokumen akademik siswa. Dalam pembangunannya aplikasi ini mengimplementasi teknologi Blockchain dan IPFS yang memiliki kriteria kekal, transparan, dan terdesentralisasi. Yang mana nantinya semua dokumen akademik siswa dapat ditelusuri dari aplikasi ini. Lebih jelasnya dapat di lihat gambaran umum sistem pada Gambar 7.



Gambar 7. Gambaran Umum Sistem yang Dibangun

Sistem ini akan di bangun menggunakan javascript sebagai bahasa utama pembuatan sistem. MERN Stack akan digunakan pada sisi off-chain Transaction dan pada sisi on-chain transaction akan menggunakan IPFS sebagai penyimpanan dokumen akademik siswa yang nanti nya akan menghasilkan hash file dan disimpan pada jaringan blockchain ethereum yang akan menggunakan Ganache sebagai blockchain ethereum lokal serta truffle untuk membuat dan deploy SmartContract. Untuk lebih jelas nya dapat di lihat pada Gambar 8.

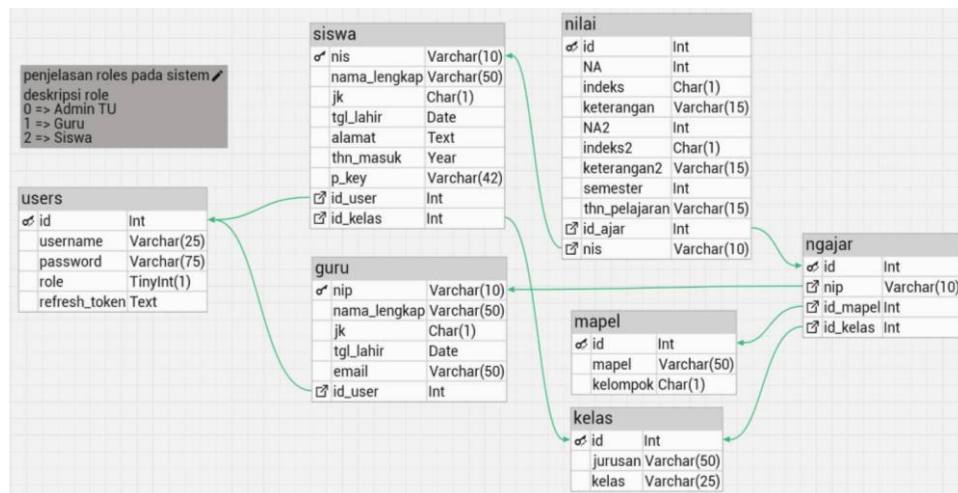


Gambar 8. Arsitektur Teknologi Yang Digunakan

Cara kerja sistem ini yaitu dengan cara menyimpan file pada IPFS yang hasil hash dari filenya akan di simpan pada jaringan blockchain dengan begitu user publik yang berkepentingan untuk mengakses dokumen akademik siswa , dapat langsung melihat dokumen asli yang di arsipkan langsung oleh sekolah dalam bentuk pdf. Hal ini memudahkan publik untuk mendapatkan ijazah asli atau dokumen akademik siswa lainnya, karena hanya perlu memasukan public key siswa untuk mendapatkan dokumen.

5.1.3 Analisis Basis Data

Data Database Management Sistem (DBMS) yang digunakan yaitu Mysql. Adapun skema database yang digunakan pada sistem ini untuk menggambarkan hubungan atau relasi pada tabel yang ada beserta field dan atributnya dapat dilihat pada Gambar 9.



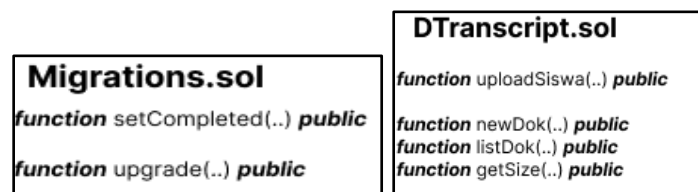
Gambar 9. Model Basis Data

5.1.4 Analisis Implementasi Blockchain dan IPFS

Analisis Implementasi Blockchain dan IPFS meliputi Analisis SmartContract, analisis IPFS, dan Analisis Sub-sistem penerepan Blockchain dan IPFS.

Analisis Smart Contract

Smartcontract yang di gunakan untuk membangun sistem ini menggunakan bahasa solidity. Sistem ini membutuhkan 2 Smartcontract yang akan diberi nama Migrations.sol dan DTranscript.sol. Migrations.sol merupakan smartcontract bawaan yang disediakan oleh truffle smart contract ini berperan penting ketika sudah masuk tahap produksi untuk melakukan perubahan pada smartcontract yang sudah berjalan sebelumnya, namun pada tahap pengembangan ini tidak terlalu berguna karena smart contract cenderung akan dibuat ulang daripada menambahkan perubahan, sementara DTranscript.sol merupakan smartcontract yang di gunakan sistem untuk menjalankan beberapa fungsi pada sistem yang berkaitan dengan blockchain seperti proses upload data siswa, upload dokumen akademik siswa dan membaca data siswa beserta list dokumen akademik dari jaringan blockchain. Kedua model smart contract tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Model Smart Contract

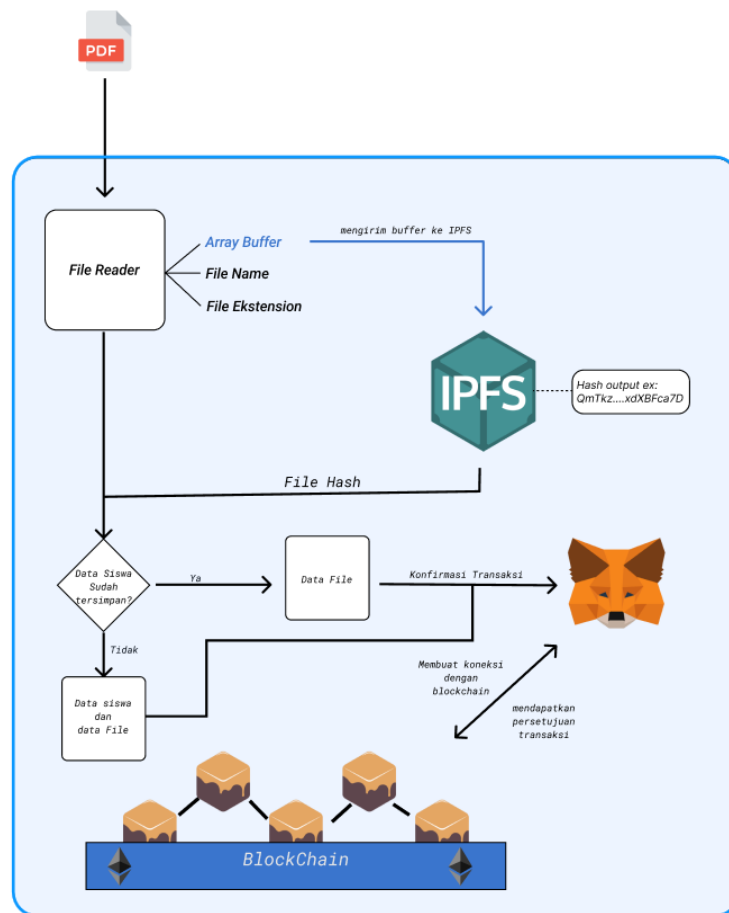
Adapun format penyimpanan data pada smartcontract Dtranskrip.sol dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Format Penyimpanan Data pada *Smartcontract*

Nama Struct	Type Data	Nama Variable
Siswa	Uint	Nisn
	String	Nama
	String	Jurusan
	Uint	Tahun
	Uint	uploadTime
	Uint	Size
	Address payable	Uploader
	Dokumen	docs
Dokumen	String	fileHash
	String	fileName
	String	fileType

Analisis IPFS

Penerapan IPFS pada sistem ini terjadi saat proses menambahkan dokumen akademik siswa ke jaringan blockchain. Pertama user admin akan memasukan nis siswa pada sistem jika data siswa sudah berada di jaringan blockchain maka dapat di lanjutkan ke tahap berikutnya yaitu tahap penerbitan atau upload dokumen akademik siswa. Inputan yang di terjadi pada proses ini yaitu jenis dokumen dan dokemen itu sendiri. Pada saat melakukan upload dokumen ke sistem, sistem akan mengekstrak file menjadi 3 yaitu file buffer , nama file dan ekstensi file. Ketika admin melakukan upload dokumen maka sistem akan mengirim file buffer yang berupa array ke server IPFS jika berhasil server IPFS akan mengembalikan nilai berupa hasil hash file. Lalu hasil hash file beserta atribut file lain nya akan dikirim ke smartcontract untuk menyimpan data pada jaringan blockchain. Lalu transaksi akan dikonfirmasi oleh metamask sebelum data benar-benar masuk ke jaringan blockchain. Mekanisme penerapan IPFS pada sistem yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 11.

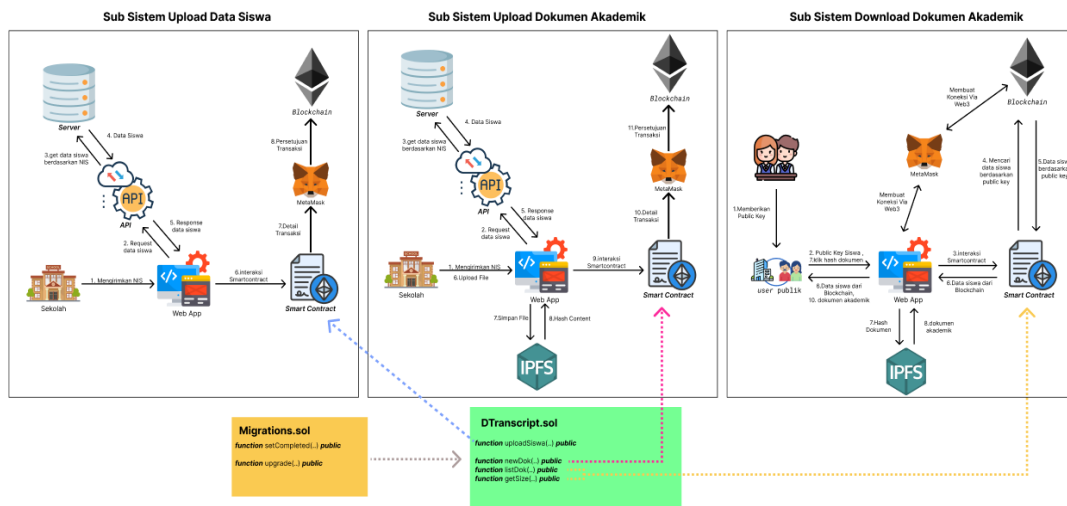


Gambar 11. Mekanisme IPFS

Analisis Sub Sistem implementasi Blockchain dan IPFS

Pada Sistem pencatatan data akademik berbasis blockchain dan IPFS ini terdapat 3 sub sistem yang menjalankan proses transaksi dengan menerapkan blockchain dan/atau IPFS. Adapun sub sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 12 sebagai berikut:

1. Sub sistem upload data siswa, sub sistem ini berfungsi untuk mengupload data siswa ke jaringan blockchain.
2. Sub sistem upload dokumen akademik siswa, sub sistem ini berfungsi untuk mengupload dokumen akademik siswa ke server ipfs lalu hasil hash dan file atribut lainnya di masukan ke jaringan blockchain.
3. Sub sistem download dokumen akademik siswa, sub sistem ini berfungsi untuk mencari data siswa beserta dokumen akademik berdasarkan public key siswa yang di terbitkan sekolah ke jaringan blockchain.



Gambar 12. Sub Sistem implementasi Blockchain dan IPFS

5.1.5 Analisis Kebutuhan Non Fungsional

Analisis dan kebutuhan non fungsional meliputi analisis kebutuhan perangkat keras serta analisis kebutuhan perangkat lunak [42]. Adapun kebutuhan non fungsional untuk menjalankan aplikasi ini meliputi kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak, dan pengguna sistem yang akan menggunakan aplikasi. Analisis kebutuhan non fungsional bertujuan agar aplikasi yang dibangun dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan pengguna aplikasi dalam mencari informasi yang dibutuhkan.

Analisis Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Spesifikasi komputer yang di gunakan untuk menjalankan sistem sangat berpengaruh kepada kelancaran penggunaan sistem yang di buat adapun spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang di gunakan untuk membangun sistem ini dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Kebutuhan Perangkat Keras

No	Perangkat Keras	Spesifikasi
1	RAM	4 GB
2	Harddisk	256 GB
3	Processor	Intel Core i3 1.33GHz

Tabel 3. Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Spesifikasi
1	Sistem Operasi	Windows 10
2	Web Browser	Chorme, Mozilla, Brave.

3	Visual Studio Code	Versi 1.66.1
4	Node.js	Versi 16.13.2
5	Ganache	Versi 2.5.4

Analisis Kebutuhan Pengguna

Tabel 4 bertujuan untuk mendefinisikan siapa pengguna dari sistem yang akan dibangun. Pengguna yang dimaksud pun haruslah sesuai dengan karakteristik dan memiliki kemampuan dalam menjalankan sistem tersebut.

Tabel 4. Analisis Kebutuhan Pengguna

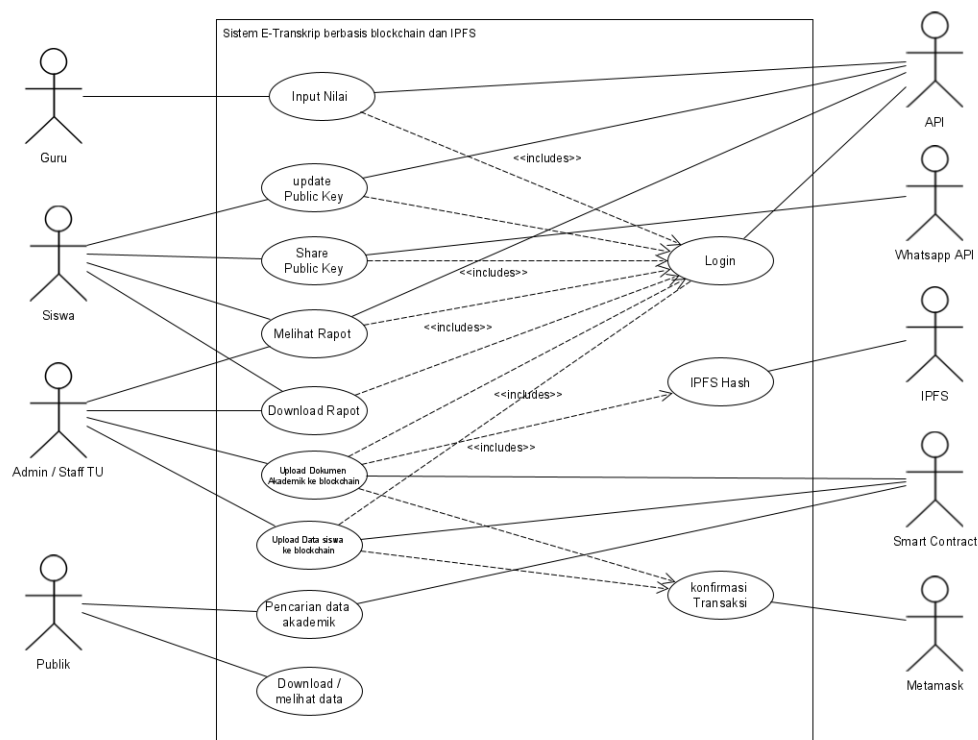
Pengguna	Level	Karakteristik yang dibutuhkan
Guru	Guru	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mengoperasikan komputer/laptop. • Pengajar aktif di sekolah • Mampu Mengoperasikan website Sistem
Siswa	Siswa	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mengoperasikan komputer/laptop. • Siswa aktif di sekolah • Mampu Mengoperasikan website Sistem
Staff Tata Usaha	Admin	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mengoperasikan komputer/laptop. • Staff Bagian Tata Usaha • Mampu Mengoperasikan website Sistem
Masyarakat	publik	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mengoperasikan komputer/laptop. • Mampu Mengoperasikan website Sistem • Memiliki kode unik siswa untuk pengecekan dokumen

5.1.6 Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional menggambarkan proses kegiatan yang akan diterapkan dalam sebuah sistem dan menjelaskan kebutuhan yang diperlukan sistem agar sistem dapat berjalan dengan baik [43]. Analisis yang dilakukan dimodelkan dengan menggunakan UML (*Unified Modeling Language*). Tahap-tahap pemodelan dalam analisis tersebut antara lain Diagram Use Case, Diagram Activity, Diagram Sequence, dan Diagram Class.

Diagram Use Case

Use Case Diagram mendeskripsikan sebuah interaksi antar satu atau lebih aktor dengan sistem yang akan dibuat. Secara kasar use case digunakan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada di dalam sebuah sistem dan siapa saja yang berhak menggunakan fungsi-fungsi tersebut. Use case terdiri dari tiga bagian yaitu identifikasi aktor, identifikasi use case dan skenario use case. Analisis diagram use case pada sistem yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Use Case Sistem

Use case merupakan fungsionalitas yang disediakan sistem sebagai unit-unit yang saling bertukar pesan antar unit atau aktor. Tabel 5 adalah penjelasan fungsi dari use case yang terdapat pada sistem yang dibangun.

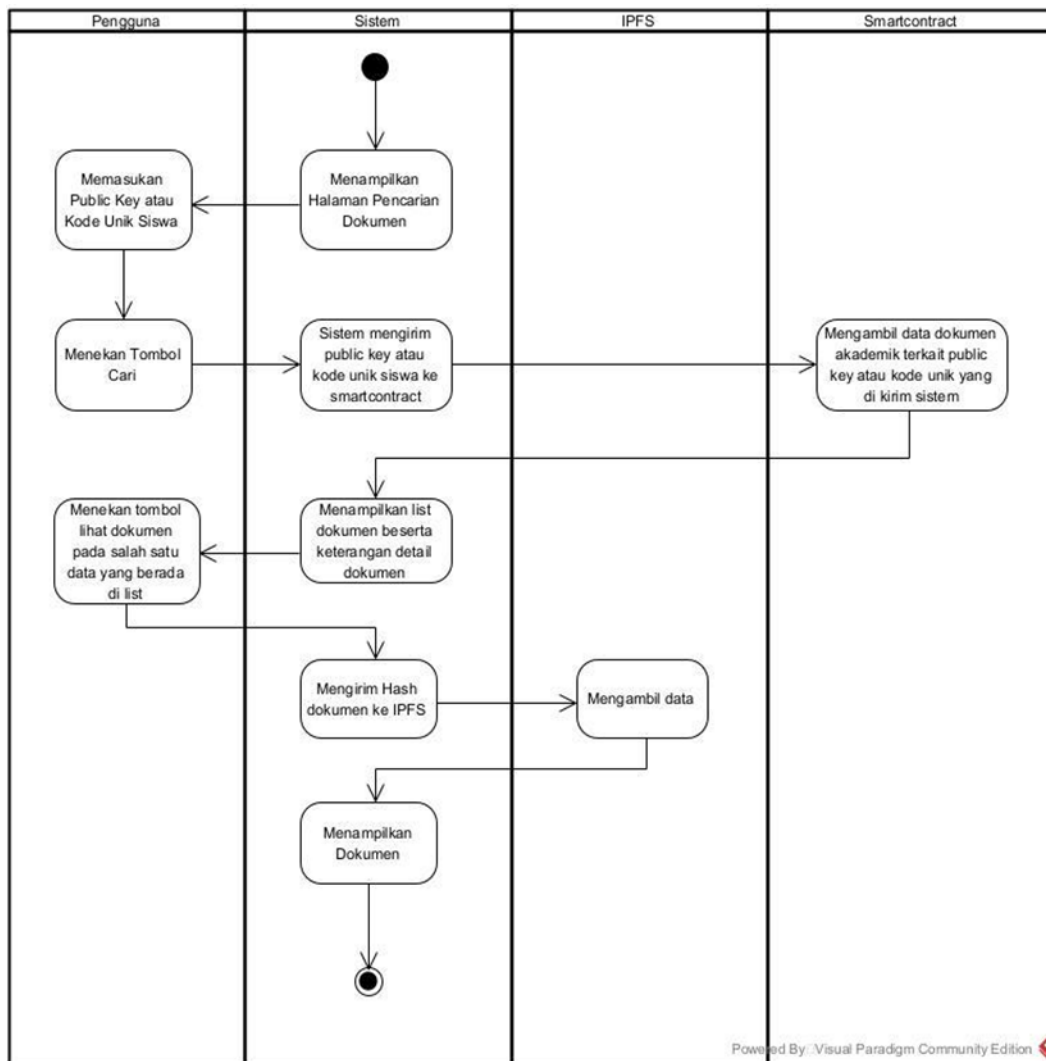
Tabel 5. Identifikasi Use Case

No	Use Case	Deskripsi
UC-01	Login	Fungsionalitas untuk melakukan login ke sistem
UC-02	IPFS Hash	Fungsionalitas untuk upload dokumen dan mengembalikan hasil hash ke sistem

No	Use Case	Deskripsi
UC-03	Konfirmasi Transaksi	Fungsionalitas untuk mengkonfirmasi transaksi saat memasukan data ke jaringan blockchain.
UC-04	Input Nilai	Fungsionalitas untuk memasukan data nilai ke sistem
UC-05	Update <i>Public Key</i>	Fungsionalitas untuk mengupdate <i>public key</i> siswa yang tersimpan dalam sistem
UC-06	<i>Share Public Key</i>	Fungsionalitas untuk <i>share public key</i> siswa menggunakan whatsapp
UC-07	Melihat Rapot	Fungsionalitas untuk melihat rapor siswa hasil input yang sudah di lakukan
UC-08	Download Rapot	Fungsionalitas untuk merubah rapor ke bentuk pdf
UC-09	Upload Dokumen Akademik ke <i>Blockchain</i>	Fungsionalitas untuk menyimpan dokumen beserta keterangan tiap dokumen ke jaringan blockchain
UC-10	Upload Data siswa ke <i>Blockchain</i>	Fungsionalitas untuk menyimpan data inti siswa ke jaringan <i>blockchain</i>
UC-11	Pencarian Data Akademik	Fungsionalitas untuk mencari dokumen pada jaringan blockchain
UC-12	Download/ Melihat data Akademik	Fungsionalitas untuk menampilkan list dokumen akademik hasil dari pencarian data.

Diagram Activity

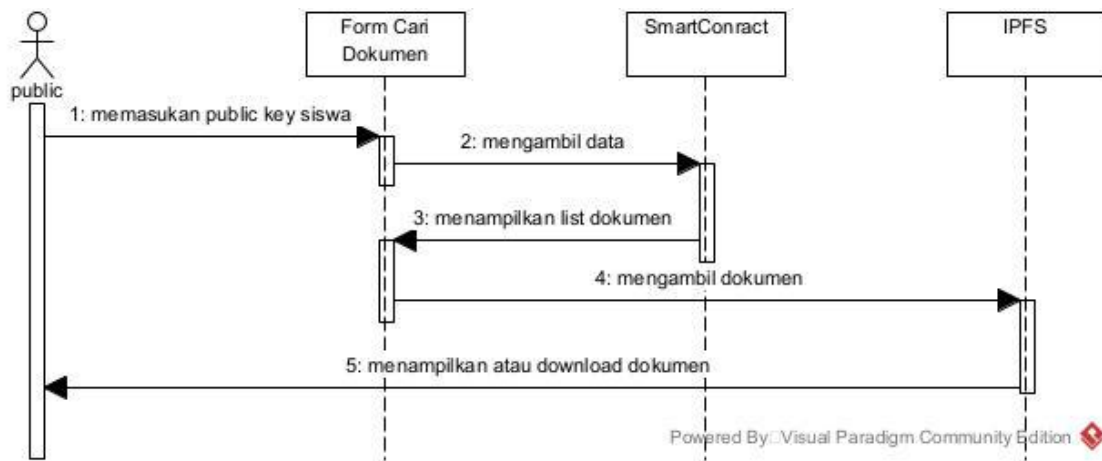
Diagram activity menggambarkan aliran kerja (workflow) atau aktivitas dari sebuah sistem atau proses bisnis atau menu yang ada pada perangkat lunak. Penggambaran diagram activity memiliki kemiripan dengan flowchart diagram. Diagram activity biasanya mengikuti sebanyak use case yang terdapat dalam diagram use case. Gambar 14 merupakan diagram activity untuk proses pencarian dokumen akademik.



Gambar 14. Diagram Activity Proses Pencarian Dokumen Akademik

Diagram Sequence

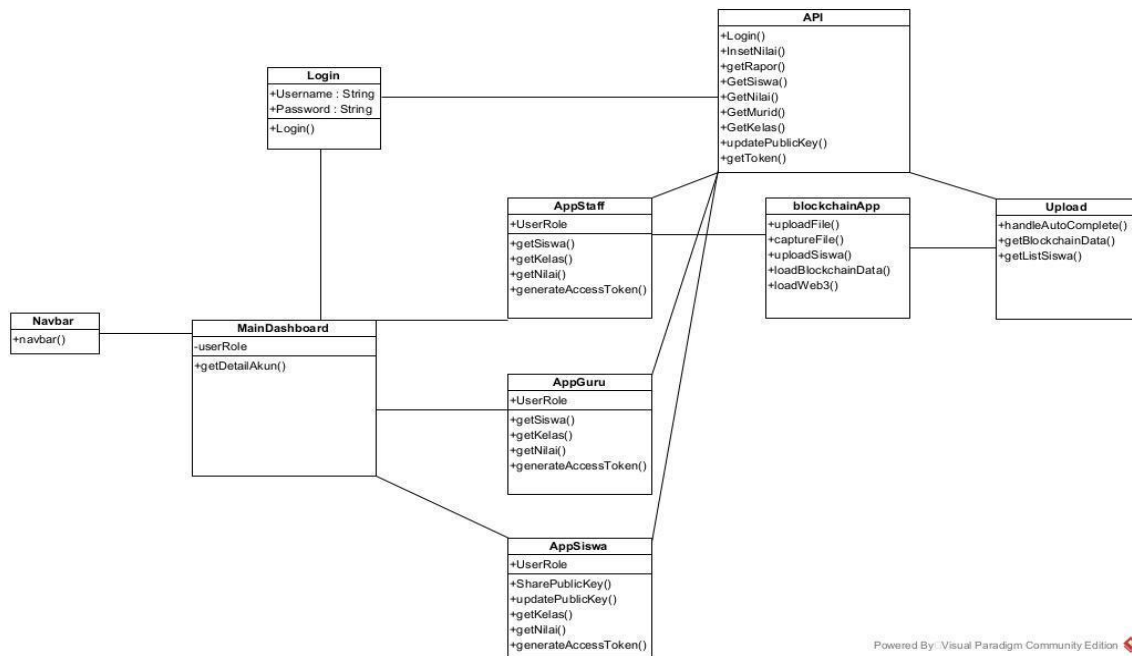
Diagram sequence bertujuan menggambarkan kelakuan objek pada use case dengan mendeskripsikan waktu hidup objek dan message yang dikirimkan dan diterima antar objek. Gambar 15 menunjukkan diagram sequence pada proses pencarian dokumen akademik.



Gambar 15. Diagram Sequence Proses Pencarian Dokumen Akademik

Diagram Class

Diagram class menggambarkan struktur dan hubungan antar objek-objek yang ada pada sistem. Struktur ini meliputi atribut-atribut dan metode-metode yang ada pada masing-masing class. Hubungannya dari masing-masing class yang ada dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Diagram Class Sistem

5.2 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang diperoleh ditunjukkan dengan melakukan implementasi pemodelan sistem yang dibangun dalam bentuk purwarupa. Adapun tujuan dari implementasi dan pengujian ini adalah guna mengetahui sejauh mana sistem dapat

diterapkan pada lingkungan pengembangan, serta mengetahui apakah sistem telah berkerja sesuai dengan kebutuhan yang ditetapkan..

5.2.1 Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem merupakan tahap penterjemahan perancangan berdasarkan hasil analisis ke dalam suatu bahasa pemrograman tertentu serta penerapan perangkat lunak yang dibangun pada lingkungan yang sesungguhnya. Adapun pembahasan implementasi sistem terdiri dari spesifikasi perangkat lunak, spesifikasi perangkat keras, implementasi class, implementasi basis data, dan implementasi antarmuka.

A. Implementasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak Pembangun

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam pembangunan Sistem E-Transkrip Berbasis Blockchain dan IPFS. dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Spesifikasi Perangkat Keras Pembangun

Perangkat Keras	Spesifikasi
Processor	Intel core i7-9750H
RAM	8 GB (single)
VGA	GTX 1050Ti Max-Q
SSD	256GB

Tabel 7. Spesifikasi Perangkat Lunak Pembangun

Perangkat Lunak	Spesifikasi
Sistem Operasi	Windows 10
Browser	Google Chrome
Bahasa Pemrograman	Javascript
<i>Tools yang digunakan</i>	VsCode, Xampp,Ganache, node.js

B. Implementasi Class

Implementasi class pada aplikasi ini merupakan implementasi dari perancangan class diagram yang terbentuk dari use case diagram kedalam bentuk fisik file dengan ekstensi .js yang digunakan dalam pembuatan dan jalannya proses dalam sistem. Implementasi class yang telah terdefinisi dapat dilihat pada Tabel 8.

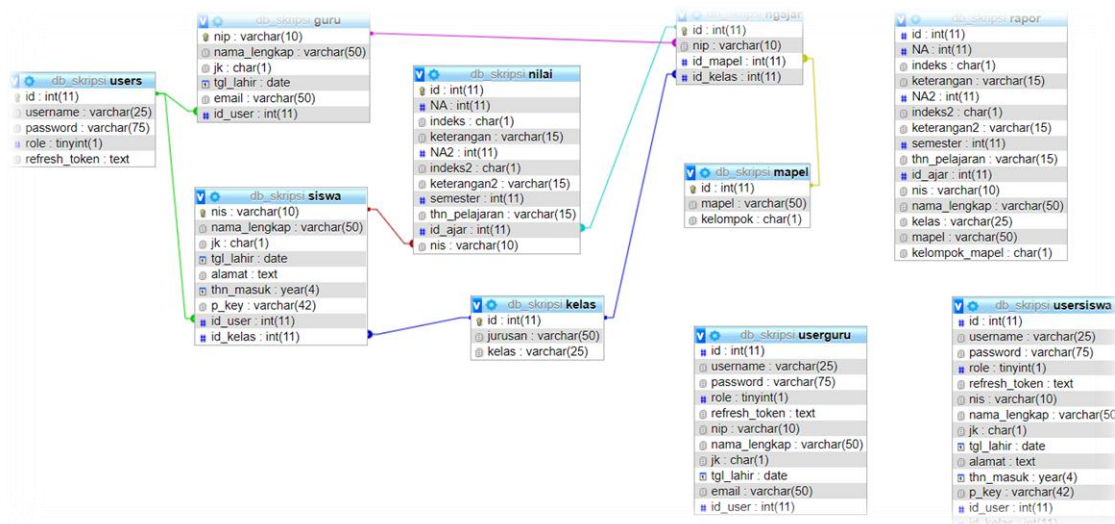
Tabel 8. Implementasi Class Sistem

No	Nama Class	Nama File Fisik
1	Api	Api.js
2	Login	Login.js
3	MainDashboard	MainD.js
4	Navbar	Nav.js

No	Nama Class	Nama File Fisik
5	AppStaff	AppStaff.js
6	AppGuru	AppGuru.js
7	AppSiswa	AppSiswa.js
8	BlockchainApp	App.js
9	Upload	Upload.js
10	Search	Search.js

C. Implementasi Basis Data

Basis data yang digunakan dalam Pengujian Sietem pencatatan dokumen sekolah berbasis blockchain dan IPFS dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Implementasi Basis Data Sistem

D. Implementasi Antarmuka

Adapun kendali antarmuka pada Sistem pencatatan dokumen akademik sekolah berbasis Blockchain dan IPFS ini dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Implementasi Antarmuka Sistem

No	Nama Antarmuka	Deskripsi	Nama File
1	Login	Halaman Antarmuka untuk melakukan login dan masuk ke sistem	Login.js
2	Dashboard Siswa	Dashboard user setelah login sebagai siswa. Pada halaman ini siswa dapat melakukan update publicKey serta membagikan melalui Whatsapp ataupun copy public key yang sudah tersimpan. Selain itu siswa dapat melihat rapor yang sudah tercatat pada sistem dan	AppSiswa.js

		mendownload nya ke pdf ataupun print langsung.	
3	Dashboard Guru	Dashboard user setelah login sebagai guru. Pada halaman ini guru dapat melihat daftar murid sesuai kelas dan matapelajaran yang di ajarkan. Lalu guru dapat memasukan nilai akhir pengetahuan dan nilai akhir keterampilan pada mata pelajaran yang ia ajarkan.	AppGuru.js
4	Dashboard Staff	Dashboar user setelah login sebagai admin atau staff. Pada halaman ini staff atau admin dapat melakukan generate rapor siswa dan melakukan download atau print.	AppStaff.js
5	Halaman Upload ke <i>Blockchain</i>	Ini merupakan halaman untuk melakukan upload data siswa dan dokumen akademik siswa ke jaringan blockchain untuk dapat melakukan upload browser harus sudah terinstall metamask dan memiliki akun dan saldo pada walet untuk menyelesaikan transaksi. Halaman ini hanya dapat di akses oleh user dengan role admin/staff (role = 0)	App.js dan Uploads.js
6	Halaman Cari Data dan dokumen ke <i>Blockchain</i>	Ini merupakan halaman yang dapat di akses oleh publik halaman ini berfungsi untuk mencari data siswa beserta dokumen akademik asli berbentuk pdf yang di terbitkan sekolah. Untuk dapat menjalankan halaman ini browser harus sudah terinstall metamask namun user tidak memerlukan saldo untuk dapat menjalankan fungsi ini	Search.js

5.2.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan hal terpenting yang bertujuan untuk menemukan kesalahan–kesalahan atau kekurangan–kekurangan pada perangkat lunak yang diuji. Pengujian bermaksud untuk mengetahui perangkat lunak yang dibuat sudah memenuhi kriteria yang sesuai dengan tujuan perancangan perangkat lunak tersebut [44].

A. Rencana Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menguji setiap proses use case diagram dan kemungkinan kesalahan yang terjadi untuk setiap proses. Pengujian ini dilakukan secara Black Box, yaitu dilakukan dengan memperhatikan masukan ke sistem dan keluaran dari

sistem. Rencana pengujian fungsionalitas sistem dan *smart contract* yang akan dilakukan pada sistem ini dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Rencana Pengujian Sistem

No	Menu Uji	Titik Pengujian	Jenis Uji
1	Login	Input data kosong	Black Box
		Input data salah	Black Box
		Input data benar	Black Box
2	Dashboard Siswa	Update public key	Black Box
		Share public key menggunakan WhatsApp	Black Box
		Generate rapor sesuai kelas dan semester	Black Box
		Download rapor sebagai pdf	Black Box
3	Dashboard Guru	Menampilkan list data murid	Black Box
		Menampilkan data nilai murid	Black Box
		Input nilai murid	Black Box
		Hapus nilai murid	Black Box
4	Dashboard Admin	Menampilkan nis dan nama siswa pada <i>autocomplete</i>	Black Box
		Menampilkan detail data siswa	Black Box
		Menampilkan nilai rapor siswa	Black Box

Tabel 11. Rencana Pengujian Smart Contract

No	Menu Uji	Titik Pengujian	Jenis Uji
1	Upload data	Input data siswa	Black Box
		Input data dokumen	Black Box
		Input data dokumen pada siswa yang tidak tercatat	Black Box
2	Searching Data	Input data kosong	Black Box
		Input data benar	Black Box
		Membuka halaman dari link yang di share siswa	Black Box

B. Hasil Pengujian

Berdasarkan rencana pengujian, maka dapat dilakukan pengujian *alpha* pada Sistem Pencatatan Dokumen Akademik Berbasis Blockchain dan IPFS, dapat di lihat pada Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 12. Hasil Pengujian Fungsionalitas Sistem

No	Menu Uji	Titik Pengujian	Hasil Uji
1	Login	Input data kosong	Sudah Sesuai
		Input data salah	Sudah Sesuai
		Input data benar	Sudah Sesuai

No	Menu Uji	Titik Pengujian	Hasil Uji
2	Dashboard Siswa	Update public key	Sudah Sesuai
		Share public key menggunakan WhatsApp	Sudah Sesuai
		Generate rapor sesuai kelas dan semester	Sudah Sesuai
		Download rapor sebagai pdf	Sudah Sesuai
3	Dashboard Guru	Menampilkan list data murid	Sudah Sesuai
		Menampilkan data nilai murid	Sudah Sesuai
		Input nilai murid	Sudah Sesuai
		Hapus nilai murid	Sudah Sesuai
4	Dashboard Admin	Menampilkan nis dan nama siswa pada <i>autocomplete</i>	Sudah Sesuai
		Menampilkan detail data siswa	Sudah Sesuai
		Menampilkan nilai rapor siswa	Sudah Sesuai

Tabel 13. Hasil Pengujian Fungsionalitas Smart Contract

No	Menu Uji	Titik Pengujian	Jenis Uji
1	Upload data	Input data siswa	Sudah Sesuai
		Input data dokumen	Sudah Sesuai
		Input data dokumen pada siswa yang tidak tercatat	Sudah Sesuai
2	Searching Data	Input data kosong	Sudah Sesuai
		Input data benar	Sudah Sesuai
		Membuka halaman dari link yang di share siswa	Sudah Sesuai

Pengujian fungsionalitas smartcontract dilakukan unggah dua data siswa yang masing masing mewakili jurusan, selanjutnya dilakukan juga pengujian untuk upload tiga dokumen ke IPFS lalu di simpan pada jaringan blockchain.

Data siswa kesatu yang sudah berhasil tersimpan di ganache dapat di lihat pada Gambar 18, data siswa kedua, berhasil disimpan pada ganache dapat dilihat pada Gambar 19, serta untuk unggah dokumen akademik siswa ke IPFS dan blockchain. Data uji pertama yaitu hasil foto dokumen ijazah dalam bentuk pdf, data tersebut berhasil di simpan pda ipfs dan menyimpan hasil hash file , nama dan tipe pada jaringan blockchain untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 20.

Tabel 14. Hasil Rincian Smart Contract Upload Data Siswa

No	Keterangan	Siswa1	Siswa2
1	NIS	151610060	151610061
2	Nama Lengkap	Taufiq Rizky Darmawan Suseno	Muhammad Rizky
3	Jurusan	Rekayasa Perangkat Lunak	Teknik Komputer dan Jaringan
4	Tahun Masuk	2015	2015
5	Public Key	0xcE13dbbEC6e81bBc1C7442030b21E0442539Df13	0x55CeD38b1122F369428DdD6B15EC9286Ba34B794
6	Gas terpakai	152873	152753
7	Cost	0.00458618 ETH	0.00458258 ETH

Tabel 15. Hasil Rincian Smart Contract Upload Dokumen Akademik Siswa

No	Keterangan	Dokumen 1	Dokumen 2	Dokumen 3
1	Nama File	Ijazah-TaufiqRizky.pdf	151610060_X-RPL1_RaporSemester_1.pdf	151610060_X-RPL1_RaporSemester_2.pdf
2	File Size	42.6 KB	77.2 KB	63.7 KB
3	Jenis File	Ijazah	Rapor	Rapor
4	File Hash	QmdpecwP6wsjdQXPNgVtFrXzYtzndxCPsqrYibeahE3iWM	QmSibgvwDT7XDQJN7Q1yNx647eLoWKW14fYFagfmit2Hj8W	QmcXLRoxCjRXZvLQp7tA6XhCBz2k9WswmrRkHEDYMi pA41
5	Public Key	0xcE13dbbEC6e81bBc1C7442030b21E0442539Df13	0xcE13dbbEC6e81bBc1C7442030b21E0442539Df13	0xcE13dbbEC6e81bBc1C7442030b21E0442539Df13
6	Gas terpakai	134196	189647	174659

Hasil tersebut menunjukkan bahwa secara fungsional, sistem yang dibangun telah sesuai dengan kebutuhan, bebas dari error serta memberikan hasil yang diperlukan. Penerapan smart contract pada jaringan blockchain telah menghasilkan performa yang baik yang ditunjukkan dengan tersimpannya data siswa dan dokumen pendukungnya pada jaringan blockchain. Sementara itu, data pendukung seperti ijazah, transkrip, dan

sertifikat telah berhasil disimpan dalam jaringan IPFS dan dapat dihubungkan dalam jaringan Blockchain serta diakses oleh pengguna melalui nilai hash yang disimpannya.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Model sistem pendataan dokumen akademik sekolah berbasis blockchain dan IPFS telah berhasil dikembangkan.
2. Pengembangan model memiliki fungsional-fungsional yang telah disesuaikan dengan hak akses dan kepentingan dengan pengguna sehingga menggunakan mudah untuk beradaptasi dengan sistem yang dikembangkan.
3. Model data yang dikembangkan menggunakan data-data dari proses bisnis terdahulu yang kemudian di rekayasa agar dapat diintegrasikan dalam lingkungan jaringan Blockchain.
4. Model sistem yang dikembangkan menghasilkan transaksi, data dan dokumen yang lebih terstruktur, mudah dikelola dan informasi yang relevan.
5. Smart contract dalam lingkungan jaringan blockchain telah berjalan dengan baik, ditunjukkan dengan transaksi yang dapat disimpan dalam jaringan Blockchain.
6. Mekanisme penyimpanan data / dokumen terdistribusi melalui IPFS telah berhasil dikembangkan, dimana dokumen-dokumen pendukung akademik seperti ijazah, transkrip, serta sertifikat dapat diunggah dan tersimpan dalam lingkungan IPFS, serta dapat diakses oleh pengguna.

Adapun saran yang diperlukan dalam pengembangan penelitian ini adalah :

1. Melaksanakan tahap prototyping yang lebih dalam aplikasi sehingga fungsional-fungsional yang telah dikembangkan dapat diuji dalam lingkungan yang lebih sesuai.
2. Pengembangan pada lingkungan private blockchain, guna meminimalkan biaya transaksi serta pengembangan yang lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Dwiyatno, S. Sulistiyono, H. Abdillah, and R. Rahmat, "Aplikasi Sistem Informasi Akademik Berbasis Web", *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 9(2), pp.83-89. 2022.
- [2] Q. Aini, U. Rahardja, N.P. Santoso, A. Oktariyani, "Aplikasi Berbasis Blockchain dalam Dunia Pendidikan dengan Metode Systematics Review", *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 2021;6(1):58-66.

- [3] E. Guustaaf, U. Rahardja, Q. Aini, N.A. Santoso, N.P. Santoso, "Desain Kerangka Blockchain terhadap pendidikan: A Survey", *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*. 2021;6(2):88-92.
- [4] A. Pieroni, N. Scarpato, L. Di Nunzio, F. Fallucchi, M. Raso, "Smarter City: Smart Energy Grid based on Blockchain Technology," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(1):298-306. 2018.
- [5] I. Afrianto, A. Heryandi, S. Atin, "Blockchain-based Trust, Transparent, Traceable Modeling on Learning Recognition System Kampus Merdeka", *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 2023 Mar 24;22(2):339-52.
- [6] T.M. Fernández-Caramés, O. Blanco-Novoa, M. Suárez-Albela, and P. A. Fraga-Lamas, "UAV and Blockchain-Based System for Industry 4.0 Inventory and Traceability Applications," *In Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings* (Vol. 4, No. 1, p. 26)., 2018.
- [7] Y. Yuan, and F. Y. Wang, "Blockchain and cryptocurrencies: model, techniques, and applications," *IEEE Trans. On Syst., Man, and Cybernetics: System*, 48 (9), 2018, 1421-1428.
- [8] I. Afrianto, T. Djatna, Y. Arkeman, I. Hermadi, "Transformation Model of Smallholder Oil Palm Supply Chain Ecosystem using Blockchain-Smart Contract", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2022;13(11).
- [9] J.Mendling et al., "Blockchains for business process management-challenges and opportunities," *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 9(1), 2018, pp.1-16.
- [10] N. Szabo, *Smart Contracts*, Retrieved from Nick Szabo's Essays, Papers, and Concise Tutorials <http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>. 1994.
- [11] I. Afrianto, T. Djatna, Y. Arkeman, I. Hermadi, I.S. Sitanggang, "Block chain technology architecture for supply chain traceability of fisheries products in Indonesia: Future challenge", *J. Eng. Sci. Technol.* 2020 Oct;15:41-9.
- [12] V. Morabito, *Business Innovation Through Blockchain- The B3 Perspective*, Heidelberg: Springer. 2017
- [13] M. Swan, *Blockchain: Blueprint for a new Economy*, USA: O'Reilly Media Inc. 2015.
- [14] I. Afrianto, Y. Heryanto, "Design and implementation of work training certificate verification based on public blockchain platform", *In 2020 fifth international conference on informatics and computing (ICIC) 2020 Nov 3* (pp. 1-8). IEEE.
- [15] Y. Xinyi, Z. Yi, Y. He, "Technical Characteristics and Model of Blockchain," *In 10th International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN)* pp. 562-566. IEEE. 2018
- [16] M. Crosby, P. Pattanayak, S. Verma, and V. Kalyanaraman, "Blockchain technology: beyond bitcoin," *Appl. Innovation*,(2), pp.6-10. 2016.
- [17] I. Afrianto, T. Djatna, Y. Arkeman, I.S. Sitanggang, I. Hermadi, "Disrupting agro-industry supply chain in Indonesia with blockchain technology: current and future challenges", *In 2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM) 2020 Oct 23* (pp. 1-6). IEEE.

- [18] A. Narayanan, J. Bonneau, E. Felten, A. Miller, and S. Goldfeder, *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA. 2016.
- [19] Afrianto I, Moa CR, Atin S, Rosyidin I. Prototype Blockchain Based Smart Contract For Freelance Marketplace System. In *2021 Sixth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)* 2021 Nov 3 (pp. 1-8). IEEE.
- [20] I. C. Lin and T. C. Liao, "A survey of blockchain security issues and challenges," *IJ Netw. Secur.*, 2017, 19 (5).
- [21] G. O. Karame, E. Androulaki and S. Capkun, "Double-spending fast payments in bitcoin," In *Proc. of the 2012 ACM conference on Computer and communications security ACM*, 906-917. 2012.
- [22] K. Christidis and M. Devetsikiotis, "Blockchains and smart contracts for the Internet of Things," *IEEE Access*, vol.4, 2016, 2292–2303.
- [23] Y. Lu, "Blockchain and the related issues: a review of current research topics," *J. of Manag. Analytics*, 5 (4) , 2018, pp. 231-255.
- [24] D. Tapscott, A. Tapscott, *Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Portfolio: 368, 2016.
- [25] D. Firdayati, I. Ranggadara, I. Afrianto, N.R. Kurnianda. Designing architecture blockchain of hyperledger fabric for purchasing strategy", *Int. J.* 2021 Mar;10(2).
- [26] F. Idelberger, G. Governatori, R. Riveret, and G. Sartor, "Evaluation of logic-based smart contracts for blockchain systems," In *International Symposium on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web*, Springer Cham, 2016 (pp. 167-183).
- [27] W. Reijers, "Governance in Blockchain Technologies & Social Contract Theories," *Ledger, 1*, pp.134-151. 2016.
- [28] S.Wang et al, "Blockchain-enabled smart contracts: architecture, applications, and future trends," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(11), 2019, pp.2266-2277.
- [29] Y. C. Hu et al, "Analyzing smart contract interactions and contract level state consensus," *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 32(12), 2020, e5228.
- [30] B. Yu et al, "Food Quality Monitoring System Based on Smart Contracts and Evaluation Models," *IEEE Access*, 8, 2020, 12479-12490.
- [31] K. Peffers et al, "A design science research methodology for information systems research," *Journal of management information systems*, 24(3), 2007, 45-77.
- [32] F. Nabyla and R. C. S. Hariyono, "Desain Aplikasi Sistem Pendaftaran Online Menggunakan Smartphone Untuk Meningkatkan Mutu Pelayanan Pada Rumah Sakit," *JOINS (Journal of Information System)*, 4(2), 2019, 168-177.
- [33] R. Baskerville et al, "Design science research contributions: Finding a balance between artifact and theory," *Journal of the Association for Information Systems*, 2018, 19(5), 3.
- [34] Q. Deng, and S. Ji," A review of design science research in information systems: concept, process, outcome, and evaluation," *Pacific Asia journal of the association for information systems*, 10(1),2018, 2.
- [35] H. Maulana, I. Afrianto, A. Setiyadi, R.D. Agustia, D. Hirawan, "Pelatihan Pembuatan Media Pembelajaran Di Pgri Kecamatan Cisarua", *Indonesian Community Service And Empowerment Journal (Icomse)*, 2020 Oct 9;1(2):45-9.

- [36] A. Saputra, “Pengembangan Sistem Informasi Nilai Rapor Siswa Dan Pengolahan Data PDSS (Pangkalan Data Sekolah Dan Siswa) Menggunakan Web”, *Jurnal Teknologi Terkini*, 2022 Jun 24;2(7).
- [37] G. Nurbani, “Manajemen Penggunaan Aplikasi Rapor Digital Dengan Kompetensi Profesional Guru: Penelitian Pada Guru MTsN dan MAN di Kota Bandung”, *TARBAWI*, 2022 Feb 28;10(2):107-16.
- [38] Z. Nurhasanah, H. Asyari, and S. Ratnaningsih, “Analisis Fungsi Akreditasi Sekolah Dalam Peningkatan Produktivitas Sekolah”, *Jurnal Manajemen Pendidikan*, 2022 Jul 29;10(2):118-24.
- [39] S. Sriwahyuni, dan M.R. Salemuddin, “Strategi Belajar Siswa Berprestasi di SMA Negeri 17 Makassar”, *Journal Pegguruang*, 2019 Nov 30;1(2):186-90.
- [40] K. Nathassa, I. Saputra, dan R.K. Hondro, “Implementasi Teknik Enkripsi Q-Chiper Pada Keamanan Data Transkrip Nilai Siswa. *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, 2023 Feb 11;6(1):689-95.
- [41] N.K. Andini, E.M. Dharma, dan E.G. Dewi, “Model Sistem Informasi Akademik Berbasis Web Untuk Sekolah Menengah Pertama”, *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 2022 Apr 3;11(1):229-40.
- [42] I. Afrianto, “Collaborative Learning System Sebuah Alternatif Konten C-Generation dan Flagship Detiknas”, *Majalah Ilmiah UNIKOM :8(1): 69-76.*, 2011. Tersedia Pada: <https://jurnal.unikom.ac.id/jurnal/collaborative-learning-system.le>.
- [43] I. Afrianto, A. Heryandi, A. Finandhita, S. Atin, “Prototype of e-document application based on digital signatures to support digital document authentication”, *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020 Jul 1 (Vol. 879, No. 1, p. 012042)*. IOP Publishing.
- [44] I. Afrianto, A. Heryandi, A. Finandhita, S. Atin, “User acceptance test for digital signature application in academic domain to support the covid-19 work from home program”, *IJISTECH (International Journal of Information System and Technology)*, 2021 Oct 30;5(3):270-80.